

Universitat de Lleida

Efectividad de la Restricción del Flujo Sanguíneo en Tendinopatías Rotulianas: Protocolo de un Ensayo Clínico Aleatorizado

Autor: Carles Teruel Alarcón

Tutorizado por: David Barranco Reixachs

Facultat d'Infermeria i Fisioteràpia

Grado en Fisioterapia y Nutrición Humana y Dietética

Trabajo de Fin de Grado

Curso académico: 2020/2021

Igualada, 21 de Junio de 2021

ÍNDICE

1.	Introducción	9
2.	Marco teórico.....	10
2.1.	Tendones	10
2.2.	Tendinopatías.....	12
2.2.1.	Prevalencia	14
2.2.2.	Diagnostico	15
2.2.3.	Factores de riesgo	16
2.3.	Restricción del flujo sanguíneo	16
2.3.1.	Contraindicaciones BFR	17
2.3.2.	Hipertrofia y fuerza	19
2.3.3.	Mecanotransducción de tendón	19
2.3.4.	BFR en tendón	22
3.	Hipótesis	23
4.	Antecedentes de estudio	23
5.	Justificación	24
6.	Objetivos.....	25
6.1.	Objetivo general.....	25
6.2.	Objetivos específicos.....	25
7.	Metodología	26
7.1.	Diseño de estudio.....	26
7.2.	Sujetos de estudio	26
7.3.	Variables de estudio.....	27
7.3.1.	Escala EVA.....	27
7.3.2.	Cuestionario VISA-P	28
7.4.	Recogida de datos	28
7.5.	Aplicabilidad.....	28
7.6.	Análisis estadístico	29
7.7.	Plan de intervención.....	30
7.7.1.	Medición de la presión de oclusión arterial.....	30
7.7.2.	Medición del 1RM	30
7.7.3.	Calentamiento	31
7.7.4.	Protocolo de ejercicios	31

8.	Resultados	33
9.	Cronograma	33
10.	Limitaciones y posibles sesgos	34
11.	Problemas éticos	35
12.	Presupuesto	36
13.	Conclusiones	37
14.	Bibliografía	38
15.	Anexos	41
	Consentimiento informado	41
	Escala EVA	41
	Cuestionario VISA-P	42

Índice de tablas

Tabla 1. Tamaño muestral.....	29
Tabla 2. Cronograma.....	34
Tabla 3. Presupuesto.	36

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Composición tendón.	11
Ilustración 2. Modelo del "tendon continuum".	14
Ilustración 3. Lista de contraindicaciones y efectos secundarios.	18
Ilustración 4. Cascada de formación de tejido fibroso.	20
Ilustración 5. Programa de ejecución gradual individual.	28

Listado de abreviaturas

CCC: Cadena cinética cerrada

ECM: Matriz extracelular

RM: Repetición máxima

BFR: restricción del flujo sanguíneo

RFEF: real federación española de futbol

FCF: Federación catalana de futbol

TGF: transforming growth factor

TGF- β 1: transforming growth factor beta 1

PFP: dolor anterior de rodilla

MMPs: metaloproteinasas de la matriz

TL: time los

ECA: ensayo clínico aleatorio

EVA: escala visual analógica

VISA-P: cuestionario Victorian Institute of Sport Assessment - Patella

Resumen

Introducción: Las tendinopatías son una lesión recurrente en el deporte profesional. En el caso de la tendinopatía rotuliana, esta suele ocurrir en deportes que requieren de la realización de bastante volumen de saltos, como es el caso del fútbol.

Objetivos: El objetivo de este trabajo es comparar las diferencias que se producen al realizar una recuperación utilizando ejercicio con restricción del flujo sanguíneo (BFR) y ejercicio tradicional.

Métodos: El protocolo se diseñó como un ensayo clínico aleatorizado con doble ciego. Para ello, se necesitarán a 32 participantes que sean jugadores de fútbol dentro de una categoría federada que se dividirán en dos grupos de 16. Un grupo será el grupo de ejercicio con BFR y el otro será el de ejercicio tradicional. Los ejercicios a efectuar serán sentadillas, zancadas y sentadillas declinadas. El método de valoración será la escala visual analógica (EVA) y la escala Victorian Institute of Sport Assessment – Patella (VISA-P), las cuáles se utilizarán para comparar las diferencias entre ambos grupos.

Conclusiones: Se espera que los resultados en el grupo de ejercicio con BFR sean mejores debido a una reducción del dolor y una mejora de la funcionalidad más rápida que la del grupo de ejercicio tradicional.

Palabras clave: restricción del flujo sanguíneo, tendón, tendinopatía rotuliana, ejercicio

Resum

Introducció: Les tendinopaties són una lesió recurrent a l'esport professional. Al cas de la tendinopatia rotuliana, aquesta sol ocórrer a esports que requereixen de la realització de bastant volum de salts, com es el cas del futbol.

Objectius: L'objectiu d'aquest treball es comparar les diferències que es produeixen al realitzar una recuperació utilitzant exercici amb restricció del flux sanguini (BFR) i exercici tradicional.

Mètodes: El protocol es va dissenyar com a un assaig clínic aleatoritzat amb doble cec. Per això, es necessitarà a 32 participants que siguin jugadors de futbol en una categoria federada que es dividiran en dos grups de 16. Un grup serà el grup de exercici amb BFR i l'altre serà el de exercici tradicional. Els exercicis a efectuar seràn esquats, gambades i esquats declinats. El mètode de valoració serà la escala visual analògica (EVA) i la escala Victorian Institute of Sport Assessment – Patella (VISA-P), les quals s'utilitzaran per a comparar les diferències entre tots dos grups.

Conclusions: S'espera que els resultats al grup d'exercici amb BFR siguin millors degut a una reducció del dolor i a una millora de la funcionalitat més ràpida que la del grup d'exercici tradicional.

Paraules clau: restricció del fluxe sanguini, tendó, tendinopatia rotuliana, exercici

Abstract

Introduction: Tendinopathies are a recurrent injury in professional sports. In the case of patellar tendinopathy, it usually happens in sports that requires high volume of jumps, as is the case of soccer.

Objectives: The objective of this work is to compare the differences in the rehabilitation using Blood Flow Restriction (BFR) exercises and traditional exercises.

Methods: The protocol was designed like a double-blind randomized controlled trial. For that, will be needed 32 participants that are soccer players in a federated category that will be divided in two groups of 16. One group will be the BFR exercise group and the other will be the traditional exercise group. The exercises that will be performed are squats, lunges and declined squats. The assessment method will be the analogic visual scale (EVA) and the Victorian Institute of Sport Assessment - Patella (VISA-P) scale, which will be utilized to compare the differences between the two groups.

Conclusions: The results are expected to be better in the BFR exercise group due to a faster reduction in pain and a faster improvement in functionality compared with traditional exercise group.

Key words: blood flow restriction, tendon, tendinopathy, exercise

1. Introducción

Las tendinopatías son una patología recurrente en el ambiente deportivo que se caracteriza por dolor severo y por empeorar la función de movimiento de los atletas, pudiendo llegar a disminuir el rendimiento deportivo, llevar a que los atletas pierdan tiempo de juego e incluso obligar a terminar la carrera deportiva de alguno. El dolor puede producir una disminución de la función muscular y de control motor. Especialmente, la tendinopatía rotuliana suele aparecer en aquella población atlética que realiza múltiples saltos dentro de su deporte, como puede ser el fútbol, el voleibol o el básquetbol. Dentro de esta población se puede encontrar un tendón doloroso degenerado y una disminución del pico de torque y del control motor de cuádriceps e isquiotibiales (1–4).

El ejercicio induce una analgesia que puede tener un impacto clínico, pero este efecto se ve aumentado al añadir ejercicios con restricción del flujo sanguíneo (BFR), ya que estos producen una mayor reducción del dolor a corto plazo. Para realizar este tipo de entrenamiento, se necesita un manguito hinchable que se coloca en la extremidad que se quiera trabajar y se aplica una presión buscando ocluir el flujo venoso y arterial. A parte de la reducción del dolor, también se observan efectos en la hipertrofia muscular y en la fuerza (4,5).

El objetivo de este trabajo es comparar el ejercicio con BFR y el ejercicio tradicional que se realiza en una tendinopatía rotuliana en busca de mejoras en los tiempos de vuelta a la competición realizando un ensayo clínico con dos grupos y doble ciego.

2. Marco teórico

2.1. Tendones

Los tendones son estructuras que están preparadas para soportar carga y transmitir fuerzas desde la musculatura al hueso. La unión miotendinosa es el lugar en el que se unen el músculo y el tendón, es la región donde las fibras de colágeno tendinosas se insertan en los miocitos, esto permite la transmisión de la tensión generada por las proteínas contráctiles musculares intracelulares hacia las fibras de colágeno tendinosas y reduce el estrés tensil que se aplica al tendón.

Los tendones lesionados tienen una curación lenta y raramente recuperan íntegramente la estructura y fuerza mecánica anterior (6).

El tendón está compuesto por un grupo de tejido conectivo denso compuesto de fibras de colágenos empaquetadas en paralelo y cerca unas de las otras y células dentro de una matriz extracelular (ECM) muy ordenada (7).

Estructura básica del tendón (8):

- Colágeno tipo I: hasta el 90% del colágeno presente en el tendón
- 10% de otros tipos de colágeno: colágeno tipo II en las zonas cartilaginosas, cartílago tipo III en las fibras reticulares de los vasos sanguíneos, colágeno tipo V en membranas vasculares, colágeno tipo IV en membranas capilares, colágeno tipo XII, XIV y XV como colágenos asociados a fibrillas.
- Proteoglicanos conforman el 1-5% de la masa seca del tendón.
- Glucoproteínas: 1-10% de la masa seca del tendón

El tropocolágeno es la unidad más pequeña de colágeno que se sintetiza dentro de las células del tendón. Se agrega en un polipéptido de triple hélice que consiste de dos cadenas de $\alpha 1$ y una de $\alpha 2$ y se secreta en la ECM. La triple hélice se junta a través de enlaces cruzados intermoleculares en fibrillas de colágeno organizadas en paralelo, responsable de la apariencia ondulada del tendón (7).

El tendón tiene una estructura que se divide de una forma jerárquica y alineada, siendo las moléculas de colágeno la parte más pequeña. Las moléculas de colágeno están unidas en grupos de cinco para formar penta-fibrillas o microfibrillas. Estas se empaquetan para formar fibrillas que van de 10 a 500 nm. Las fibrillas forman fibras de colágeno y con estas juntándose para formar el fascículo, el cual es la subunidad más grande del tendón con un diámetro aproximado de 150 a 500 μm . Los fascículos están

envueltos por la matriz interfascicular o endotendón, lo que forma el tendón completo (8).

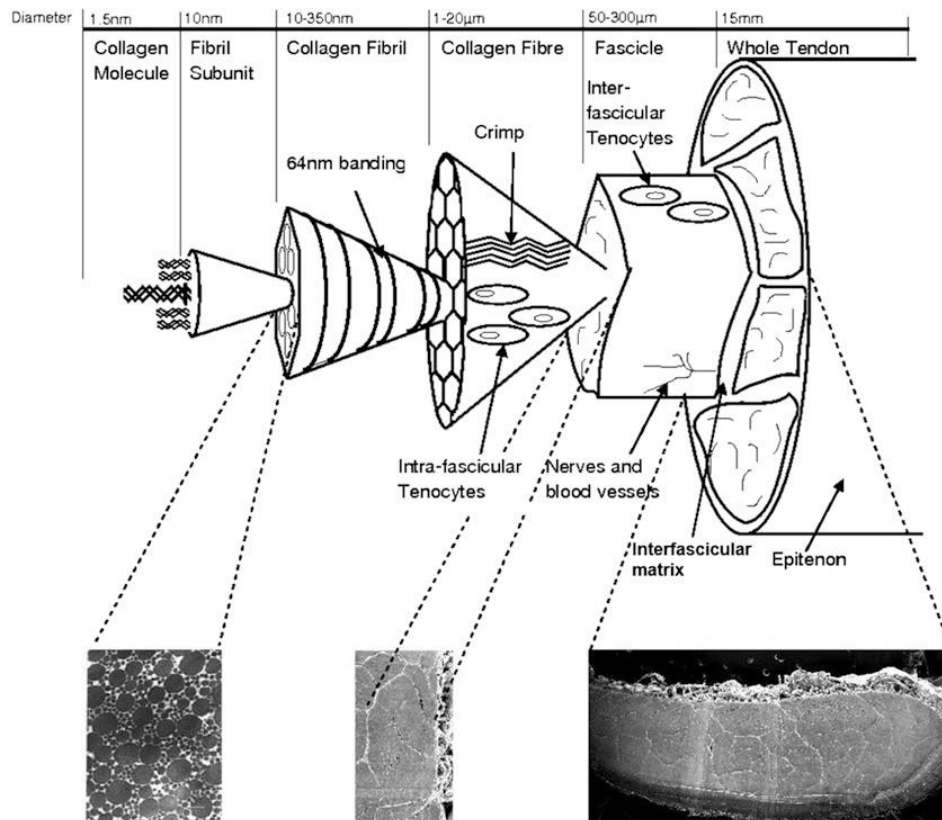


Ilustración 1: Composición tendón.

El tendón está compuesto por diferentes estructuras jerárquicas, empezando por las moléculas de colágeno para acabar formando los fascículos y el epitendón (8).

El tendón tiene diferentes tipos de células, entre ellas se encuentran los tenocitos, las células progenitoras o madre del tendón, células perivasculares y células de la matriz intrafascicular. Estas células tienen la función de mantener y sintetizar la ECM (7,8).

La irrigación de los tendones ocurre en 3 zonas (2):

- Unión miotendinosa: el músculo provee al tendón con vasos sanguíneos que van hacia el tercio proximal del tendón.
- Unión hueso-tendón: escasa, da irrigación al lugar de inserción.
- Vainas del tendón: el mayor aporte sanguíneo proviene del paratendón, donde una red vascular penetra el epitendón y llega al endotendón.

Hay zonas hipovasculares, aunque se sugiere que los nutrientes que derivan de la sangre pueden penetrar al tejido.

El tendón se considera hiponeural, lo que tiene relación con la hipovascularidad propia de la estructura. Los nervios sensoriales se encuentran en mayor medida en la superficie del tendón. La mayoría de los nervios se originan de los troncos nerviosos cutáneos, musculares y paratendinosos y acaban como nervios terminales en el paratendón. Pocas fibras nerviosas sensoriales llegan a entrar en el cuerpo del tendón, estas siguen la red vascular del endotendón. Las terminaciones nerviosas actúan como receptores sensoriales especializados para sentir cambios en la presión, tensión o nocicepción. Los receptores de tensión también se conocen como órganos tendinosos de Golgi y se encuentran mayormente localizados en la unión miotendinosa. Cada órgano tendinoso de Golgi consiste en fibras de colágeno cerradas en una cápsula con fibras nerviosas que se ramifican como terminaciones espirales entre los haces de colágeno tendinoso. Se han identificado los siguientes neurotransmisores en los tendones: glutamato, acetilcolina y Sustancia P (7).

2.2. Tendinopatías

La tendinopatía es una lesión por sobreuso que se puede presentar tanto en las extremidades superiores como en las inferiores. A causa de esta patología, el tendón puede sufrir cambios estructurales que pueden afectar tanto a la función del tendón, como a nivel sintomatológico en forma de dolor, aunque también puede no dar sintomatología y que haya presente una tendinopatía que puede terminar rompiendo el tendón. Las cargas tensiles, de cizalla o de compresión pueden afectar al tendón de manera positiva o negativa según la capacidad que tenga el tendón de soportar esa carga, pudiendo alterar la homeostasis del tendón. Para explicar la patología del tendón se utiliza el modelo del Tendon continuum, donde se indican las características clínicas de los diferentes grados de tendinopatía (2,9,10):

- **Tendinopatía reactiva:** es una respuesta proliferativa no inflamatoria en la ECM. Es la primera etapa del tendon continuum, en la que se da una sobrecarga aguda por fuerzas de compresión o tensiles. Dentro de esta etapa, las células cambian de forma y tienen más organelas citoplasmáticas para incrementar la producción de proteína (proteoglicanos y colágeno). La integridad del colágeno se mantiene. Esta es una fase de adaptación a relativamente corto término. El tendón se ensancha para reducir el estrés, incrementando la rigidez. Esto puede ocurrir después de un incremento del estrés o de un impacto directo. Se puede revertir la situación del tendón y volver al tendón normal, como estaba antes del momento de la sobrecarga.

- **Tendon Dysrepair (deteriorado):** Esta etapa suele ocurrir como progresión de la etapa anterior, cuando no se deja descargar (sin descanso) y el tendón no vuelve a la normalidad. Durante esta fase, continúa el incremento de producción de proteína lo que resulta en la separación del colágeno y la desorganización de la ECM. Esto es un intento del tendón para sanarse igual que en la primera fase, pero con una mayor producción y descomposición. Esto ya es visible en resonancia y ecografía. Además, puede que exista un aumento de la vascularidad y un crecimiento neural dentro del tendón. Esta fase se desarrolla a partir de una sobrecarga frecuente del tendón de la fase 1 del continuum. Esta fase puede desarrollarse más rápido en tendones rígidos y más viejos debido a que hay menos flexibilidad y menor adaptabilidad de los tejidos.
- **Tendinopatía degenerativa:** Es la fase final del continuum, con una peor prognosis para el tendón, ya que los cambios pueden ser irreversibles. Se encuentran áreas de muerte celular, trauma y agotamiento de los tenocitos y una desorganización general de la matriz celular. En imagen se ve áreas de degeneración dispersas por el tendón que se intercalan con tendón normal y partes de tendón en la fase de dysrepair. El tendón puede aparecer engrosado y con partes nodulares presentes a la palpación. Las áreas en las que el tendón se encuentra en esta fase se sugiere que son mecánicamente inservibles y puede llegar a producirse una rotura si la degeneración alcanza suficiente extensión.

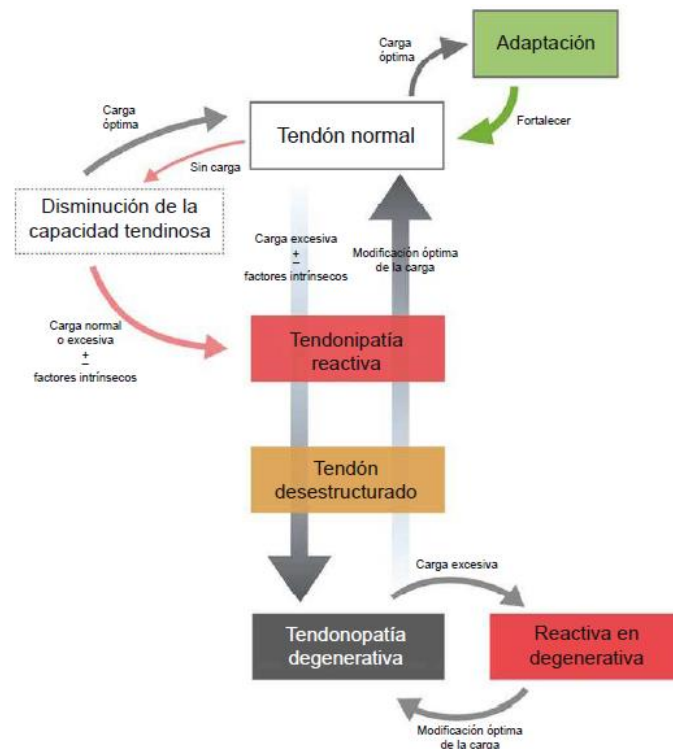


Ilustración 2. Modelo del "tendon continuum".

Ilustración de las 3 fases de la patología tendinosa descrita por Jill Cook (9).

La presencia de síntomas por una tendinopatía es compleja. Cambios estructurales del tendón se asocian a la aparición del dolor, aunque no se sugiere una relación directa. El tipo de tendinopatía tiene importancia en la clínica, ya que diferenciar una tendinopatía reactiva, una degenerativa o una reactiva sobre degenerativa puede suponer alteración en los síntomas que no corresponden con cómo está estructuralmente el tendón. Se sugiere que señales paracrinas puedan estar implicadas en la respuesta de las células del tendón, de manera mecanorespondedora, como un potencial conductor de la nocicepción estimulando al nervio periférico, lo que puede explicar porque hay zonas que aun teniendo una patología son asintomáticas. Un tendón doloroso puesto a carga puede perpetuar el estímulo nociceptivo y también puede dar una hiperalgesia secundaria en tendinopatía como respuesta a la nocicepción que se estaba llevando a cabo (10).

2.2.1. Prevalencia

En un estudio en el que se buscó la incidencia de tendinopatías dentro de diversos deportes de jugadores del Fútbol Club Barcelona, el porcentaje de tendinopatías sobre el total de lesiones estuvo cerca del 22% entre varios deportes, entre ellos, un 29.3% en el básquetbol, el cual es en el que se encontraron más comúnmente. El 92.3% de los individuos con tendinopatía fueron hombres, el 57.3% pertenecía a un equipo profesional y un 54.3% fueron de deportes de superficie interior (2).

De un total de 843 tendinopatías, las estructuras o tendinopatías más comunes fueron la rotuliana con un 21.5%, la Aquílea con un 13%, otras tendinopatías del tobillo con un 9.8%, otros tendones de la rodilla como la parte distal del bíceps femoral, el semitendinoso o el tendón cuadricipital con un 9.8%, del aductor largo con un 7.4%, del hombro con 6.5%, de tendón proximal del recto femoral con un 5.2% y del tendón proximal de los isquiotibiales con un 3.1%. Otros tipos de tendinopatías formaron el 24.9% restante (2).

Para la valoración de la tendinopatía rotuliana, se busca la aparición de síntomas del paciente, una examinación musculoesquelética y la palpación del tendón o el polo inferior de la rótula. Desde una visión ecográfica se observaría una zona hipoecoica del tendón, la cual se consideraría la zona en la que hay una mayor degradación y desorganización de las estructuras que componen el tendón. La valoración clínica del tendón no siempre se asocia con una tendinopatía rotuliana. También, el dolor a la palpación tiene una utilidad pequeña en el diagnóstico de la patología. Además, un tendón anormal visto mediante la utilización de ecógrafo también tiene una limitada utilidad para el diagnóstico, ya que se reportan tendones anormales en población asintomática. Por esta razón, se reporta que en jugadores de básquet jóvenes el porcentaje de tendinopatías es de 7% y de tendones anormales con o sin dolor llega al 26% y que en voleibol las tendinopatías llegan al 18% y anomalías en el tendón con o sin dolor al 36%. En jugadores adultos de voleibol la tendinopatía llega a ser de 30.2% y tendones anormales sin dolor el 26.6%. Parece que esta condición afecta más a hombres que a mujeres (11).

2.2.2. Diagnostico

Para diagnosticar una tendinopatía, se utiliza una historia detallada en la que se pregunta si hay un dolor localizado provocado por la carga en el tendón, como puede ser el salto para el tendón rotuliano o correr y saltar para el tendón de Aquiles. También, se realiza una examinación física en la que se busca la sensibilidad a la palpación y el dolor reproducido con tests de carga, acompañado por una examinación visual mediante ecografía / Doppler, la cual es el gold standart, en la que se busca una disminución o falta de la estructura fibrilar y/o una zona hipoecoica con o sin vasos. También puede utilizarse imagen por resonancia magnética para esta evaluación (2,11).

Para definir el tiempo que se pierde un jugador se utiliza el time loss (TL), que es el tiempo que transcurre desde que un jugador no puede asistir a un partido o entrenamiento debido a cualquier lesión y se calcula utilizando el tiempo de

entrenamiento y partido en total que el jugador se ha perdido hasta que vuelva al siguiente partido o entreno (2).

La definición de Return to Play (RTP) es aquella en la que se considera al RTP un proceso multifactorial en el que se da la vuelta a la competición de un atleta lesionado con el mínimo riesgo de que ocurra una re-lesión. El RTP se calcula como el tiempo de recuperación en días (12).

2.2.3. Factores de riesgo

Las tendinopatías tienen diversos factores de riesgo que pueden estar provocando o colaborando a que aparezca esta lesión. Los factores de riesgo se dividen en extrínsecos e intrínsecos. Los factores extrínsecos más importantes son aquellos que tienen como causa las sobrecargas mecánicas, como pueden ser los movimientos repetitivos al realizar gestos deportivos o cambios en la exigencia física al aumentar el tiempo, la intensidad o el volumen de los entrenamientos, por ejemplo, aumentar la cantidad de saltos o de la altura que se necesita saltar podrían contribuir a ello. También, el uso de materiales no adecuados o utilizar un calzado inadecuado pueden perjudicar este estado. Dentro de los factores intrínsecos, la edad podría aumentar el riesgo de sufrir una tendinopatía, ya sea por aspectos degenerativos o de disminución de la recuperación a mayor edad. Tener enfermedades o condiciones como la obesidad, la diabetes u otros puede también aumentar el riesgo. Factores anatómicos como debilidades musculares, la flexibilidad o las contracciones excéntricas musculares también estarían dentro de los factores intrínsecos (13).

2.3. Restricción del flujo sanguíneo

El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo (BFR), de las s es un método de entrenamiento en el que se utiliza un manguito hinchable con el que se restringe el retorno venoso por completo y la llegada de sangre arterial de forma parcial mientras se hace ejercicio, colocando el manguito en las zonas proximales de extremidades superiores o inferiores. Este sistema de entrenamiento surgió en Japón, el cual era llamado “Kaatsu training” y fue propuesto por el doctor Yoshiaki Sato en el año 1966 (4,5,14).

El entrenamiento mediante BFR produce adaptaciones similares a entrenamientos con altas cargas utilizando cargas más ligeras y se ha demostrado eficaz en la mejora de la hipertrofia y de la fuerza muscular, lo que puede ser de gran ayuda en atletas con lesiones que les impiden levantar grandes cargas, ya sea porque no pueden llegar a

levantarlas o bien porque esté contraindicado por motivos quirúrgicos. En el entrenamiento de fuerza con altas cargas que es habitual en deportistas, se utiliza un porcentaje de 1 repetición máxima (1RM) del 70% hacia arriba para buscar aumentos en la fuerza, tamaño y resistencia muscular. Con BFR, los ejercicios que se utilizan son de baja carga, esto puede promover un aumento del tamaño muscular y de la fuerza. Por el momento no se sabe exactamente los mecanismos por los que esta técnica de entrenamiento funciona pero los mecanismos que se proponen son el estrés metabólico, el aumento del reclutamiento de fibras musculares, el aumento de tamaño de las células musculares, la mejora de la señalización intramuscular que provoca la síntesis de proteína y la proliferación de células madre miogénicas (5,14–16).

2.3.1. Contraindicaciones BFR

Se han visto pocos efectos secundarios por la utilización de BFR, aunque los más comunes suelen ser hemorragias subcutáneas (13%) y entumecimiento (1.3%). Se ha sugerido, desde los inicios en Japón de la utilización de esta técnica de entrenamiento, que podría provocar embolias pulmonares, aunque no parece que la evidencia exprese ese efecto. Otros problemas que podrían ser causados por este tipo de entrenamiento son anemia cerebral, sensación de frío, trombo venoso, dolor, picores y otros. Estos efectos secundarios ocurren con una frecuencia tan baja que no se pueden considerar como resultado directo de la utilización de BFR, por lo que es un entrenamiento con poco riesgo cuando es aplicado por un profesional entrenado. También, el riesgo de trombo venoso es similar al que podría ocurrir en ejercicios de resistencia de alta intensidad tradicionales, aunque puede tener consideraciones postquirúrgicas. Como conclusión, se expresa que el BFR tiene poco riesgo cuando se prescribe correctamente, aunque los fisioterapeutas deberían saber cuándo el paciente puede estar en riesgo mediante un screening en el que se vean signos y síntomas de trombo venoso antes de utilizar BFR y ser consciente del riesgo que puede tener cada paciente. A parte, la utilización de un entrenamiento apropiado y de un material correcto junto con la presión que se debe utilizar mejorará la seguridad al realizar esta técnica (17,18).

- Enfermedades cardiovasculares
 - Enfermedad coronaria
 - Hipertensión inestable
 - Enfermedad vascular periférica
 - Tromboembolismo venoso
 - Estados de hipercoagulación (trastornos de la coagulación sanguínea)
 - Condiciones cardiopulmonares
 - Vasos arterioscleróticos causados por una pobre circulación sanguínea
 - Isquemia miocárdica silente
 - Disfunción del ventrículo izquierdo
 - Hemofilia
 - Disfunción endotelial vascular
 - Venas varicosas
 - Endurecimiento arterial/Síndrome de Marfan
- Lesión musculoesquelética
 - Trauma muscular reciente o lesiones por aplastamiento
 - Excesiva sudoración postquirúrgica
 - Fracturas abiertas
 - Lesiones abiertas del tejido blando
 - Injerto de piel
- Estilo de vida
 - Edad
 - Fumador
 - Masa corporal (ej. obesidad)
 - Embarazo
 - Diabetes mellitus no controlada
 - Dislipemia
 - Deshidratación
- Historia médica familiar
 - Desórdenes de la coagulación
 - Anemia falciforme
 - Fibrilación auricular o fallo cardíaco
 - Cáncer
- Medicación
 - Aquellas que se sabe que aumentan el riesgo de coagulación sanguínea

Ilustración 3. Lista de contraindicaciones y efectos secundarios.

Las contraindicaciones y efectos secundarios producidos por la utilización de BFR deberán ser considerados en el momento de la decisión de aplicar esta técnica (17).

Otros posibles riesgos y contraindicaciones que se asocian al aumento de probabilidad de tromboembolismo venoso debido a la utilización de BFR pueden ser anomalías en la coagulación de la sangre, acidosis o desbalances ácido-base, tener más de 40 años, calcificaciones arteriales, venas ateroscleróticas, enfermedades cardiopulmonares, uso de suplementos de creatina, diabetes, diálisis, infecciones, presión intracraneal elevada, fracturas, historia de tromboembolismo venoso, uso de hormonas anticonceptivas, hipertensión, inmovilidad de más de 48 horas en el último mes, inmovilización con yeso, implantes médicos, linfectormías, obesidad, fracturas abiertas, lesiones de tejido blando abiertas o no curadas, parálisis, enfermedades vasculares periféricas, postparto, compromiso renal, lesiones por accidentes, anemia, injertos de piel, golpes, daños neurales, cáncer, tumores, varices, injertos vasculares... (13)

2.3.2. Hipertrofia y fuerza

Para producir hipertrofia, se recomienda ejercer una carga del 60% al 70% de 1 repetición máxima (1RM), siendo este el gold standart, y de un 60% a un 90% para mejorar la fuerza muscular. La hipertrofia será importante ya que en pacientes con tendinopatía será un trabajo esencial debido a la asociación que tiene con una debilidad muscular y atrofia. Este trabajo se asocia con una disminución del dolor y mejoran la función (19,20).

El uso de peso externo para realizar cargas altas puede tener contraindicaciones o pueden ser difíciles de realizar debido al dolor, a la poca relación del individuo con este tipo de trabajo para realizar una buena técnica con peso elevado u otros factores. Existe la suficiente evidencia, incluido revisión sistemática y metaanálisis, que comparan entrenamientos de cargas altas con entrenamientos con BFR. La comparación entre BFR a 20-30% del 1RM y el entrenamiento con cargas altas a 60-90% del 1RM no tiene diferencias en la ganancia de fuerza muscular ni de tamaño. Por lo que se concluye que los dos tipos de entrenamiento tienen efectos similares en la capacidad de ganancia de tamaño y fuerza muscular en población sana joven y mayor. A añadir, el entrenamiento cardiovascular a intensidades bajas, como caminar, combinado con BFR también resultan en un aumento de fuerza y masa muscular. En un estudio, se encontró que entrenando 23 sesiones en 19 días se producía un incremento de la fuerza isométrica hacia la extensión de rodilla del 10.6% y un aumento del área de sección transversal (CSA) de entre el 30 y el 40% (20).

2.3.3. Mecanotransducción de tendón

Los tendones tienen la capacidad de variar su composición y de cambiar su estructura mediante al someterse a una serie de estímulos mecánicos, donde están involucrados los tenocitos y los fibroblastos, que reaccionan a señales bioquímicas para que se lleve a cabo este proceso de adaptación. Las fuerzas que transmiten los tendones son los estímulos mecánicos que reciben los tenocitos mediante los componentes de la ECM, como colágeno tipo I (que es en el que se aplican las fuerzas tensiles de tracción), elastina, glicoproteínas, proteoglicanos, glucolípidos y agua. La fuerza externa que experimentan las células del tendón es transmitida al interior de la célula. El colágeno esta seguido por puentes cruzados de colágeno intermoleculares para que se produzca el deslizamiento entre fibras y que, junto con el agua, dan viscoelasticidad al tendón. Al recibir un estímulo de carga, el agua pasa de ser central a periférico, dando cambios a nivel bioquímico. La ECM se deforma al recibir estas fuerzas de compresión o tensiles, aunque esta fuerza es menor que la carga que se aplica (21).

Las fuerzas que son recibidas promueven una regulación de diferentes tipos de transforming growth factor (TGF), aunque el más interesante es el transforming growth factor beta 1 (TGF- β 1), ya que este es mecanosensible. Los TGF son los que inducen la reparación de heridas y el aumento de la producción de colágeno mediante los Smads, que desde el interior de la célula van al núcleo al ser fosforilados al entrar TGF- β en contacto con su receptor en la membrana celular, estos son factores de transcripción de scleraxis, el cual promueve la síntesis y secreción de colágeno y otros componentes de la ECM (21).

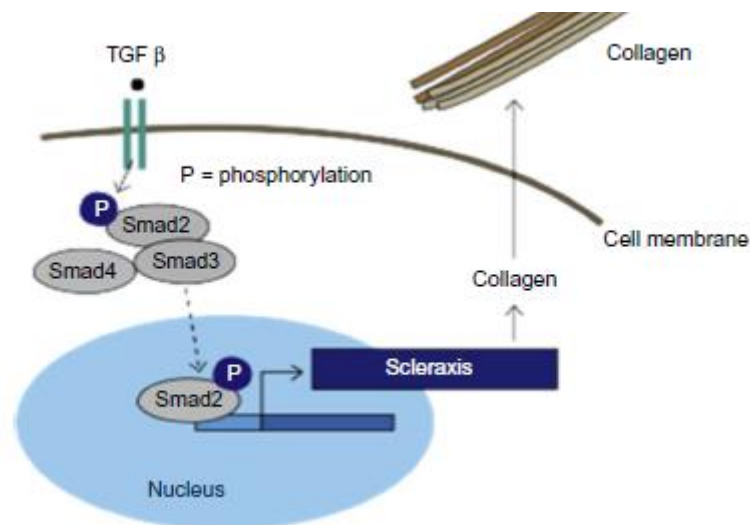


Ilustración 4. Cascada de formación de tejido fibroso.

Las TGF- β entran al interior celular para fosforilar las Smads. Estas viajan al núcleo para iniciar la transcripción de scleraxis y, así, promover la síntesis de colágeno (21).

Para la cascada de formación de tejido fibroso, además de la regulación de las TGF- β , también hay un incremento de la expresión de metaloproteinasas de la matriz (MMPs) y una disminución de los inhibidores de metaloproteinasas para dar un efecto antifibrótico (21).

Los genes del colágeno tipo I, proliferating cell nuclear antigen, scleraxis y tenomodulina tienen una regulación parecida (21).

La permeabilidad de las gap junctions de los tenocitos también pueden ser reguladas por las fuerzas tensiles, esta permite la comunicación entre tenocitos. Se aumenta la regulación de Cx 43 ARNm, aumentando la síntesis de conexinas, lo que producen una reducción de la permeabilidad y una interrupción de la comunicación de las gap junctions. Esto produce rotura de las gap junctions y una remodelación de estas (21).

Para la aplicación de la mecanotransducción se utiliza la mecanoterapia, la cual utiliza la aplicación de cargas mecánicas con un fin terapéutico para estimular la reparación y

remodelación de tejido lesionado. Esto ocurre mediante la consecución de tres procesos (22):

- El mecanoacoplamiento, es decir, la aplicación de la carga (normalmente de cizallamiento o de compresión) que causa cambios a nivel celular en el tejido. La clave para este proceso es la perturbación física de la célula ya sea directa o indirecta para provocar un cambio de señales químicas dentro y entre las células.
- La comunicación célula-célula. Esto se refiere a la capacidad de comunicación celular de llegar a registrar en una célula lejana el estímulo que se está recibiendo en otro punto incluso sin llegar a tener un estímulo por parte de la carga en esa célula. Las gap junction son las regiones especializadas mediante las que las células se comunican mediante partículas cargadas, como el calcio y el inositol trifosfato.
- La respuesta de la célula efectora, mediante la que tiene efecto la estimulación de la síntesis proteica. Las integrinas sirven como comunicadoras de las regiones extracelulares e intracelulares, estas activan dos procesos. El primero es una activación del citoesqueleto, que tiene comunicación con el núcleo enviándole a este una señal física. El segundo proceso llevado a cabo por las integrinas es aquel en el que activan agentes de señales bioquímicas que influyen en la expresión genética del núcleo. Posteriormente se transcribe el ARNm y se envía al retículo endoplasmático donde se traducirá a proteínas que irán a incorporarse a la ECM

La aplicación de carga sobre un tendón degenerado da un aumento de la proliferación, aunque la viabilidad celular es menor en comparación con aquellas de tejido sano. La expresión génica que se da por la mecanotransducción es menos o nula respondedora en aquellas células de tendón degenerado. Por lo que se concluye que la mayor parte de genes que son importantes en la recuperación y el balance de las fuerzas están suprimidos o inactivos (21).

Cuando se da una carga mecánica, se produce daño en la ECM dando una respuesta de inflamación en la que se dan roturas de las fibras de colágeno y de la matriz interfascicular. Se encuentran marcadores de inflamación como ciclooxigenasa e interleucina, también, se encuentran marcadores de degradación como lo son las MMP-1, MMP-3 y MMP-13 y marcadores de degradación del colágeno. Este estado en el que se encuentran marcadores inflamatorios y marcadores de descomposición de la ECM

inducen la remodelación siendo más predominante en el endotendón que en la parte fascicular, ya que sus células son más respondedoras debido a que son más sensitivas a la carga mecánica (21).

2.3.4. BFR en tendón

Un estudio demostró que al realizar ejercicio con poco peso (30% del 1RM) utilizando BFR se redujo más el dolor anterior de rodilla (PFP) en las actividades de la vida diaria en comparación con ejercicios de cuádriceps estandarizados del 70% del 1RM. Además, estos individuos mejoraban la fuerza en la extensión de rodilla resistida más que aquellos que no utilizaron BFR, este punto es de gran importancia debido a la asociación entre la debilidad del cuádriceps y PFP. Además, se concluye que el entrenamiento con BFR puede ser una alternativa eficaz en aquellos individuos que tienen PFP y que no toleran, debido al dolor, la carga de los ejercicios de fuerza que son programados normalmente. Específicamente, oclusiones mayores causan una respuesta de hipoalgesia mayor que una presión más pequeña. También, la utilización de BFR da un efecto de hipoalgesia sistémica comparable al ejercicio de carga alta tradicional. El efecto a corto plazo de hipoalgesia puede durar unas 24 horas en la pierna ejercitada. La activación de producción endógena de opioides y la modulación del dolor por el efecto del ejercicio pueden ser las formas en las que se da esta hipoalgesia tras el BFR. (19,23).

El ejercicio induce hipoalgesia mediante una reducción aguda de la sensibilidad al dolor incrementando el umbral del dolor o disminuyendo el índice de intensidad del dolor supraumbral. Esta reducción se ve sobre todo en la extremidad ejercitada, aunque también se ven efectos en otras partes del cuerpo. Por lo que se sugieren efectos locales y en las vías nociceptivas espinales y supraespinales. (23).

3. Hipótesis

El tratamiento de ejercicios con BFR es más efectivo que el ejercicio tradicional en la reducción de tiempos de RTP consiguiendo una disminución del dolor.

- Hipótesis conceptual: El ejercicio con BFR disminuyen el dolor más rápido que el ejercicio tradicional.
- Hipótesis operativa: Realizar un protocolo de ejercicios utilizando BFR reduce los tiempos de RTP en un 15%.

4. Antecedentes de estudio

El tendón es una estructura de tejido conectivo que une músculo y hueso metabólicamente activa que resiste y transmite fuerzas del músculo al hueso. Está formado básicamente por colágeno y tienen ECM que va remodelándose con el tiempo y la actividad y carga a la que se somete. Las tendinopatías suelen ser de causa multifactorial, siendo el principal factor de riesgo la sobrecarga. El tendón lesionado puede acabar propiciando una discapacidad y un tendón más débil (1,24,25).

Actualmente, las tendinopatías suponen un alto porcentaje del total de lesiones que se producen en diferentes deportes, sobre todo en aquellos en los que se llevan a cabo saltos repetitivos como el fútbol, básquet, balonmano o voleibol. El jugador siente dolor en la zona de la lesión y queda limitada su actividad deportiva debido a eso, aunque la mayoría de jugadores pueden continuar entrenando y jugando con esas molestias, sí que puede llegar a hacer que el jugador tenga que detener sus entrenos y partidos debido a un efecto más severo de una tendinopatía. Además, el tendón se va degenerando si no se controlan las actividades de este jugador. Esto hace que se produzcan unas pérdidas de tiempo y rendimiento por parte del jugador y de dinero por parte de las instituciones deportivas que pueden llegar a ser de varios meses si no existe un buen control de la tendinopatía, ya que también pueden haber recaídas (1,2).

El BFR se lleva utilizando desde el 1966 como un sistema de entrenamiento llamado “Kaatsu training” por Yoshiaki Sato. Durante la última década se lleva investigando con mayor interés, empezando por los efectos en la hipertrofia muscular. La hipertrofia muscular se suele comparar utilizando ejercicios con alta carga con otros con baja carga pero utilizando BFR y los resultados no muestran diferencias significativas, por lo que se concluye que es una herramienta que puede ser útil para inducir hipertrofia. Se acabó llevando al campo de la rehabilitación, donde se han estudiado los efectos sobre todo

en rehabilitaciones postoperatorias con buenos resultados. Los artículos que hablan sobre la utilización de BFR en tendinopatías son de hace pocos años y se empieza a observar que el dolor disminuye tanto o más como utilizando una rehabilitación mediante ejercicio tradicional (4,20,26).

5. Justificación

El tema de la utilización del BFR dentro del mundo de la rehabilitación, y más específicamente de la rehabilitación de tendinopatías, es un tema innovador en el que se llevan pocos años investigando y que va cogiendo importancia dentro del mundo del rendimiento deportivo y de la rehabilitación.

Actualmente, las tendinopatías resultan el 30% de consultas que se llevan a cabo por parte de los fisioterapeutas, siendo una patología que puede dejar al individuo seguir con su actividad física, pero con molestias que pueden reducir el rendimiento o puede llegar a tener que parar al deportista, además de las posibles recaídas. Los deportes que tienen más predisposición para que ocurran este tipo de patologías son en aquellos en los que se dan saltos repetitivos, en el caso del tren inferior (1,2).

El ejercicio terapéutico, el control y la progresión de cargas se utilizan para mejorar la sintomatología y aumentar el rendimiento. Según la nueva evidencia, la utilización de BFR podría mejorar el dolor de la tendinopatía. Este trabajo busca encontrar evidencia de si la utilización de BFR mejora más rápidamente el dolor que el ejercicio tradicional, ya que dentro del mundo del deporte profesional hay intereses económicos y deportivos para que un jugador esté preparado lo antes posible para competir (19,27).

Este trabajo propondrá un protocolo de actuación con BFR que mejore los tiempos de RTP y disminuya los TL.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

El objetivo de este trabajo es plantear un estudio en el que se vean las diferencias en la recuperación de una tendinopatía en el deporte utilizando BFR en comparación con los ejercicios tradicionales.

6.2. Objetivos específicos

- Plantear un protocolo de ejercicios con BFR que disminuya el tiempo de recuperación de una tendinopatía.
- Plantear un protocolo de ejercicios con BFR que aumente la fuerza en la recuperación de una tendinopatía.
- Observar las diferencias en los diferentes tests de RTP que se consiguen utilizando BFR vs ejercicios convencionales.

7. Metodología

7.1. Diseño de estudio

Este trabajo es un proyecto de investigación prospectivo, de tipo ensayo clínico aleatorizado (ECA) con doble ciego en el que se realizará un protocolo de ejercicios con y sin BFR en el que 3 veces por semana se realizará por un periodo de 8 semanas. Estos protocolos se realizarán en un centro de Barcelona donde acudirán los futbolistas profesionales que hayan sido diagnosticados con esta patología y serán llevados por un fisioterapeuta colegiado. En este centro estarán los materiales necesarios para realizar los ejercicios y los manguitos para realizar el BFR.

7.2. Sujetos de estudio

Los sujetos de estudio serán aquellos que tengan una lesión en el tendón y que cumplan los criterios de inclusión y exclusión, mostrados a continuación:

Criterios de inclusión

Los criterios que los individuos tienen que cumplir para formar parte de este trabajo son (19):

- Ser jugador de fútbol federado en una categoría profesional coordinado por la Real Federación Española de Fútbol (RFEF) o por la Federació Catalana de Fútbol (FCF).
- Ser diagnosticado de tendinopatía rotuliana de una duración superior a 8 semanas.
- Residir en Barcelona o alrededores o residir en Cataluña y tener la facilidad para viajar al centro donde se vaya a realizar.
- Adherencia al protocolo.
- Leer y firmar el consentimiento informado para poder proceder con el protocolo del estudio.

Criterios de exclusión

Los individuos que no cumplan con los criterios anteriores y que cumplan con uno de los siguientes serán excluidos del trabajo (17,19).

- Tener alguna de las contraindicaciones por las que no pueda ser aplicado el manguito del BFR antes explicadas.
- Tener otro tipo de lesiones que puedan interferir en el protocolo o la extracción de datos.

- Recibir otro tratamiento, incluido medicamentos que puedan afectar a los resultados del estudio.
- No realizar el protocolo de ejercicios.
- No asistir a las sesiones en el centro.

7.3. Variables de estudio

Las siguientes variables serán las que se utilizarán para determinar si ha existido un progreso con el plan de intervención y si son cambios significativos o no. Para ello se utilizarán la Escala Visual Analógica (EVA) y el cuestionario Victorian Institute of Sport Assessment - Patella (VISA-P).

7.3.1. Escala EVA

La EVA permite evaluar el dolor que percibe un paciente mediante una línea de 10 centímetros en la que el 0 se encuentra a la izquierda, indicando la ausencia de dolor, y el 10 se encontraría a la derecha, siendo el peor dolor imaginable. Esta escala será pasada sesión tras sesión para controlar el dolor de forma más continuada. También, se utilizará como gestión de cargas. Si durante los ejercicios o al día siguiente el dolor es igual o superior a 4, la intensidad de los ejercicios será demasiado elevada, por lo que se tendrá que disminuir. Si el dolor es menor de 4, se estará entrenando con una intensidad segura y en la que se podrá ir progresando en cuanto a la carga de trabajo (19,27,28).

Dependiendo del nivel de habilidad y dolor, se iniciará el protocolo por ejercicios isométricos. Se progresará a ejercicios de fuerza ejecutados de manera lenta para posteriormente pasar a realizar ejercicios de fuerza funcional y, más tarde, a aumentar la velocidad de esos ejercicios. La siguiente progresión será la utilización de ejercicios de liberación y absorción de energía o pliométricos, los cuales son el último paso para llegar a un nivel en el que se permita el retorno a la competición (27).

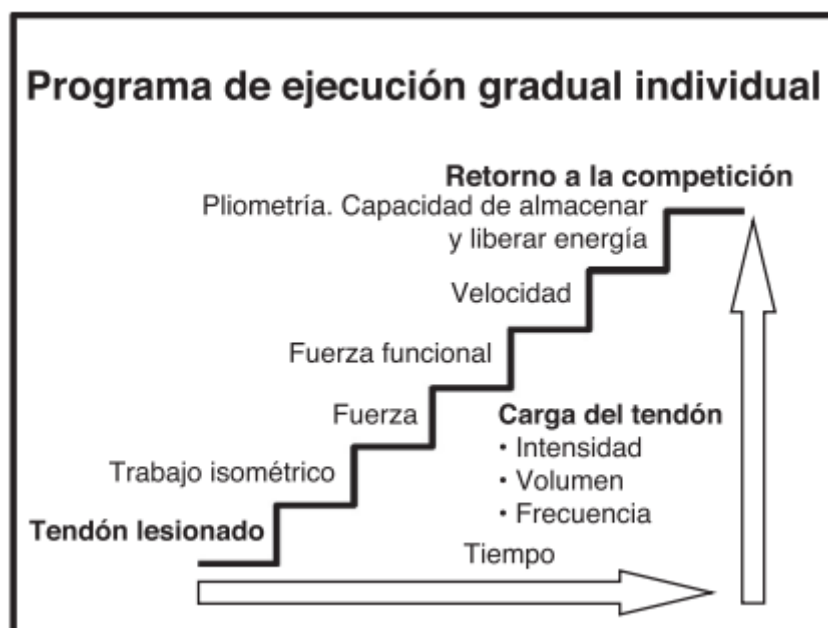


Ilustración 5. Programa de ejecución gradual individual.

Escala de progresión de ejercicios para tendinopatía rotuliana o Aquílea (27).

7.3.2. Cuestionario VISA-P

El cuestionario VISA-P es el que se utilizará para realizar el seguimiento del dolor y de la funcionalidad que será pasada semana tras semana. Este cuestionario se utiliza para valorar los síntomas que tiene el individuo con unos datos autoadministrados en los que se evalúan 8 ítems. 6 de estos ítems evalúan el dolor mediante una escala numérica del 0 al 10 durante actividades diarias y ejercicios funcionales. Los otros 2 dan información sobre la participación en la actividad deportiva, siendo 10 la máxima capacidad para participar y 0 sería aquel deportista que tiene una discapacidad máxima para participar. La puntuación máxima que se puede alcanzar en el cuestionario es de 100 puntos, considerándose esto de individuos asintomáticos ya reincorporados a su actividad. Se utilizará una validación al castellano de este cuestionario (29–31).

7.4. Recogida de datos

Los datos de cada participante serán recogidos el primer día que se llevará a cabo el estudio. Los datos de las variables serán recogidas por un fisioterapeuta responsable únicamente de estos datos, que serán recogidos periódicamente. Mientras que, para hacer el análisis estadístico, se contará con una segunda persona para realizar el doble ciego.

7.5. Aplicabilidad

Este tipo de tratamiento basado en ejercicio con BFR para tendinopatías puede ser innovador, no solo en su aplicación en atletas, sino que también en población menos

activa, ya que es una forma de realizar un trabajo físico con un peso menor y con unos beneficios en la hipertrofia y en el dolor. Incluso, en población no activa, esto podría ser más eficaz debido a que la rehabilitación no tiene que llegar hasta los niveles de intensidad que exige el deporte. Si se tienen en cuenta los factores de riesgo y el tipo de paciente, la utilización de BFR puede ser una herramienta importante en el futuro (4,17).

7.6. Análisis estadístico

Al escoger a la población, se recogerán los datos que conformarán la investigación. Se utilizarán las variables de dolor y funcionalidad de cada uno de los participantes. Los datos del dolor serán recogidos sesión tras sesión mediante la EVA y el dolor y la funcionalidad serán recogidos semanalmente mediante el cuestionario VISA-P.

Para calcular la muestra de individuos significativa para realizar este estudio, se utilizó la calculadora online de la web "<https://clincalc.com/stats/samplesize.aspx>". Se seleccionó dos grupos de estudio independientes y la mediana como variable principal.

En las medianas de grupo 1 y 2 se utilizará la puntuación en la VISA. Se supone que la mediana del grupo 1 es 60 ± 10 y que del grupo 2 es 50. El enrollment ratio será de 1. Para el ratio de error tipo I/II se utiliza una Alpha de 0.05 y un power de 80% (32).

Sample Size	
Group 1	16
Group 2	16
Total	32

Study Parameters	
Mean, group 1	60
Mean, group 2	50
Alpha	0.05
Beta	0.2
Power	0.8

Tabla 1. Tamaño muestral

Tamaño muestral calculado mediante una calculadora online.

Una vez escogidos los participantes se dividirán en dos grupos:

- Grupo de ejercicio tradicional: grupo que realizará los ejercicios sin BFR.
- Grupo de ejercicio con BFR: grupo que realizará los ejercicios con BFR.

Tras la recogida de los datos de las variables durante el tiempo del plan de intervención, se llevará a cabo el análisis de esos datos para determinar la eficacia de cada grupo. Para ello se utilizará el programa Excel, donde se plasmarán los datos y se prepararán una tabla de contingencias y un diagrama de barras de error.

7.7. Plan de intervención

El plan de intervención se dividirá en diferentes partes. Se deberá preparar el material y medir lo necesario para después realizar un calentamiento y pasar a los ejercicios que se han pautado.

7.7.1. Medición de la presión de oclusión arterial

Se colocará el manguito de BFR a los sujetos en el grupo de BFR en la parte más proximal posible de la extremidad que se va a trabajar, es decir, próximo a la ingle. Para calcular la oclusión con la que se quiere trabajar se utilizará un Doppler vascular, ya que las particularidades de cada individuo cambian la presión a la que se tiene que aplicar. Por ejemplo, una pierna más grande necesitará introducir más presión en el manguito que una más pequeña. También existen diferentes anchuras de manguitos, por lo que un manguito más grande necesitará menos presión. Por lo que, para trabajar con la presión adecuada, se utilizará la presión de oclusión arterial ayudándose del Doppler vascular en la arteria poplitea. El 100% de presión de oclusión arterial será aquella a la que el pulso se detiene y se trabajará a partir de un porcentaje de esa oclusión, lo que dará la presión de cada individuo. Se recomienda utilizar una presión entre 40% y 80%, en este caso se aplicará entre el 70% y el 80% si la comodidad del manguito durante los ejercicios les permite a los individuos realizarlos correctamente (4,5,19).

7.7.2. Medición del 1RM

Para realizar la medición del 1RM necesario para el porcentaje de RM, se utilizará la aplicación MyLiftApp disponible para iOS en la tienda de Apple. Esta aplicación utiliza la cámara lenta del iPhone y diferentes fórmulas para determinar el 1RM. Se recogerán la distancia de la barra desde el inicio del movimiento al final del movimiento. El fisioterapeuta cogerá su iPhone, grabando y escogiendo el frame de inicio y de fin del movimiento y grabará una repetición a máxima velocidad con 4 pesos incrementales por parte del sujeto. Con esto, la aplicación formulará un cálculo estimado del 1RM. Una vez hecho

el test con los 4 pesos diferentes, el registro podrá ser utilizado para que en el próximo día, con una sola carga, ya aparezca la estimación del 1RM (33,34).

7.7.3. Calentamiento

Antes de realizar el protocolo de ejercicios, se asistirá a un centro en Barcelona en el que se dispone del material necesario para poder hacerlo. Una vez en el centro, se pasará a registrar los datos del cuestionario VISA. Posteriormente, se empezará a hacer un calentamiento en el que se harán 10 minutos de bicicleta estática, se movilizarán las articulaciones y se estirarán de forma activa los músculos del tren inferior (14).

Las movilizaciones consistirán en:

- Movilización hacia la flexión dorsal de tobillo en cadena cinética cerrada (CCC).
- Movilizaciones haciendo circunducciones de tobillo.
- Movilizaciones en sedestación sobre una esterilla de rotación interna y externa de cadera.
- Movilizaciones en posición del caballero sirviente haciendo flexión de cadera de la pierna que está adelantada.

Los estiramientos activos se realizarán a posterior y serán por un tiempo de máximo de 6 segundos por repetición y repetidos 4 veces cada uno:

- Estiramientos de gastrocnemios con las manos apoyadas en la pared.
- Estiramiento de isquiotibiales dando una patada hacia delante.
- Estiramiento de cuádriceps flexionando la rodilla hacia el culo y manteniendo la posición con la mano.
- Estiramiento de aductores abduciendo las piernas en bipedestación y balanceándose de un lado al otro.
- Estiramiento de glúteo y abductores de cadera haciendo una patada hacia medial.

7.7.4. Protocolo de ejercicios

Tras haber hecho el calentamiento, los sujetos pasarán a realizar los ejercicios del protocolo per se. Los ejercicios que se propondrán para el grupo al que se aplicará el manguito de BFR serán los mismos que los del grupo de solo ejercicio,

pero variarán los porcentajes de RM. Para el grupo de BFR se utilizará entre un 20-40% del RM para hacer los ejercicios, mientras que para el grupo de ejercicio tradicional se utilizará entre el 70-85% del RM (5,14).

El grupo de ejercicio tradicional realizará de 7 a 10 repeticiones por 3 series y un descanso de 3 minutos entre series, mientras que el grupo con BFR realizará 75 repeticiones divididas en series de 30, 15, 15, 15 o hasta alcanzar la fatiga con un minuto de descanso entre sets (35,36).

El primer ejercicio será hacer series de sentadillas, un ejercicio bipodal que se realiza en bipedestación en CCC, en las que se colocará una barra en los trapecios con el porcentaje de peso adecuado a cada grupo. La posición inicial para ejecutar la sentadilla será con una narrow stance y los pies con una rotación externa de un ángulo de 21°. Al descender, la espalda debe de quedar en posición neutra, las rodillas no deben caer en valgo durante el recorrido de la repetición y las rodillas pueden sobrepasar las puntas de los pies (3,35,37).

El siguiente ejercicio será zancadas hacia atrás con mancuernas. Este ejercicio también es en CCC. Se empieza en bipedestación, con los dos pies juntos y las mancuernas en las manos a los lados del cuerpo, y se realizará un paso hacia atrás manteniendo la longitud de los pasos repetición tras repetición, con el cuerpo vertical y sin tocar el suelo con la rodilla de la pierna que va hacia atrás. La rodilla puede sobrepasar la punta del pie (38).

Sentadilla declinada a una pierna con una tabla declinada de 16°, ya que es en la que se encuentran mayores beneficios para los extensores de rodilla. El sujeto se coloca encima de la tabla declinada con una pierna, la otra pierna la tiene en el aire y la puede utilizar para equilibrarse. Desde esta posición, el individuo realiza una sentadilla a una pierna hasta llegar a 90° de flexión de rodilla y vuelve a la posición inicial con la espalda recta en todo momento (39,40).

8. Resultados

Con los datos recogidos durante las semanas de duración del protocolo de ejercicios, se realizará una estadística en la que se relacionará el tiempo, que será la variable independiente que será el tiempo que dura el protocolo de ejercicios, y el dolor, que será la variable dependiente extraído de los datos de la escala EVA.

Como resultados secundarios, se cogerán los datos recogidos del cuestionario VISA y se compararán de la misma manera con el tiempo de duración del protocolo.

Los gráficos resultantes deberán recoger los datos de todos los días y trazar una línea de punto a punto para acabar haciendo una mediana. Se espera que las líneas resultantes sean ascendentes para los dos grupos, pero que el grupo de ejercicio con BFR sea algo más ascendente que la del otro grupo.

9. Cronograma

Para el estudio, se empezaría a reclutar a sujetos que sean jugadores de fútbol en equipos profesionales federados en la RFEF o la FCF 1 mes antes del protocolo de ejercicios. Durante este mes, se realizará el cribado, con los criterios de exclusión y de inclusión, en el que se explicará el procedimiento y se dará para firmar el consentimiento informado.

El primer día que se acuda al centro, se hará la asignación aleatoria de los sujetos en los dos grupos. A partir de aquí, se realizarán 8 semanas con 3 sesiones por semana del protocolo de ejercicios antes explicado donde se recogerán los datos para su posterior evaluación. La escala EVA se pasará a cada sesión y el cuestionario VISA será cada semana.

Una vez terminado, se realizarán análisis estadísticos, durante 2 semanas con los datos recogidos durante las semanas en las que se ha realizado el protocolo.

El estudio durará un total de 3 meses y dos semanas.

Momento*	Periodo del estudio								
	Reclutamiento	Asignación	Etapa posterior a la asignación						Cierre
	-t ₁	0	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	etc.		t _x
Reclutamiento:	X								
Cribado de selección	X								
Consentimiento informado	X								
[Indicar otros procedimientos]	X								
Asignación		X							
Intervenciones:			X	X	X	X			
[Intervención A]			X	X	X	X			
[Intervención B]			X	X	X	X			
Evaluaciones:									X
[Indicar variables iniciales]	X	X							
[Indicar variables de resultado]			X	X	X	X	etc.		X
[Indicar otras variables de datos]			X	X	X	X	etc.		X

Tabla 2. Cronograma

Cronograma para reclutar y realizar las intervenciones y evaluaciones (41).

10. Limitaciones y posibles sesgos

Las limitaciones que puede tener este estudio pueden ser debido a la población del estudio, al número de sujetos a los que se aplica, la multifactorialidad y/o diferentes factores de riesgo que pueden conllevar a esta patología, al protocolo utilizado y a los métodos de evaluación.

Este estudio coge como sujetos a futbolistas profesionales, los cuales tienen unas exigencias físicas y psicológicas que no tiene la población no deportista o la población deportista no profesional, esto puede hacer que los resultados del estudio no puedan ser transferibles a otro tipo de población.

El número de sujetos puede tener limitaciones en cuanto a que es un número de sujetos bajo, cuando una muestra mayor podría tener mayor fiabilidad, y que se realiza un protocolo de ejercicios donde existe una individualidad en los resultados que alcance cada uno.

Las tendinopatías son un tipo de patología que tiene múltiples factores de riesgo que pueden estar afectando al proceso de esta lesión y podrían provocar sesgos en la evaluación.

El protocolo utilizado puede no ser el mejor para mejorar aquellos resultados que se buscan, ya que existe infinidad de protocolos y ejercicios que se pueden realizar, además de volumen e intensidad que se le añada, y hay otras variables que podrían mejorar la patología que no se tratan dentro de este trabajo.

Los métodos de evaluación y el análisis estadístico solo evalúan el dolor y el dolor durante diferentes actividades, siendo este un aspecto subjetivo, y el tiempo. Otros parámetros más objetivos también podrían dar información relevante en cuanto a la rehabilitación de las tendinopatías.

11. Problemas éticos

Este estudio tendrá que pasar un comité de ética que evalúe los aspectos éticos, de seguridad y bienestar de los individuos para poderse realizar.

El primer día en el que se cite a los sujetos que van a ser evaluados para el estudio, se les entregará un documento de consentimiento informado, el cual será explicado y también se explicará cómo funcionará el estudio y los objetivos que se quieren investigar. Este documento se deberá firmar y devolver.

No se declaran conflictos éticos o de interés en este proyecto.

12. Presupuesto

MATERIAL/PERSONAL	PRECIO (€)	CANTIDAD	TOTAL (€)
Occlusion cuff	98.84	16	1581.44
Doppler vascular	115.13	1	115.13
MyLiftApp	10.99	1	10.99
Bicicleta estática	99.00	16	1584.00
iPhone 11	739.00	1	739.00
Banco de musculación	69.99	16	1119.84
Estante de soporte para barra	95.98	16	1535.68
Barra olímpica	70.54	16	1128.64
Discos barra olímpica (10kg)	14.99	16	239.84
Discos barra olímpica (5kg)	7.99	16	127.84
Discos barra olímpica (1kg)	4.99	16	79.84
Mancuernas (hasta 40kg ajustables)	111.99	16	1791.84
Cuña	9.99	16	159.84
TOTAL			10213.92

Tabla 3. Presupuesto.

Presupuesto necesario para comprar el material para realizar la intervención.

13. Conclusiones

La realización de este trabajo quiere observar el potencial de la utilización de BFR en tendinopatías, ya que resulta un trabajo con menor carga y con otros beneficios, como a nivel de dolor, en comparación a la rehabilitación con ejercicios tradicional. Con la utilización de este tipo de entrenamiento se busca disminuir los tiempos de RTP de los atletas, mejorando más rápidamente el dolor y la funcionalidad.

Con los cambios en el conocimiento sobre las tendinopatías, el uso de tratamientos basados en el reposo y en la aplicación de hielo ha disminuido, por lo que los tipos de tratamiento también han cambiado. El uso de BFR en esta patología puede ser una herramienta novedosa con la que se obtengan resultados y puede llegar a ser un habitual en la rehabilitación de los procesos tendinosos.

Los resultados que este estudio espera son de una mayor reducción del dolor a corto plazo, debido a los beneficios que aporta sobre el dolor. Esto puede hacer que la funcionalidad también mejore al disminuir el dolor. Es posible que los tiempos de RTP se disminuyan sobre todo en las primeras fases de la recuperación. Para fases más avanzadas, podría ocurrir que el uso exclusivo de BFR no fuera suficiente para continuar con estos beneficios, aunque como tratamiento complementario podría ser una buena herramienta para el control del dolor tras realizar otros tipos de ejercicios, y se necesitaría una rehabilitación más enfocada en el gesto deportivo y ejercicios de almacenamiento y liberación de energía con el fin de preparar a las estructuras para realizar ese trabajo (4,9).

Estudios futuros podrían ocupar el tema de la utilización de ejercicios con BFR y ejercicios tradicionales para acabar progresando a ejercicios pliométricos y compararlo con ejercicios solo con BFR o solo con ejercicios tradicionales. Sería interesante observar hasta que punto de la rehabilitación es beneficioso utilizar BFR y cuando dejarlo en segundo plano como ayuda para controlar los niveles de dolor.

14. Bibliografia

1. Lipman K, Wang C, Ting K, Soo C, Zheng Z. Tendinopathy: Injury, repair, and current exploration. *Drug Des Devel Ther.* 2018;12:591–603.
2. Florit D, Pedret C, Casals M, Malliaras P, Sugimoto D, Rodas G. Incidence of tendinopathy in team sports in a multidisciplinary sports club over 8 seasons. *J Sport Sci Med.* 2019;18(4):780–8.
3. Reinking MF. Clinical Commentary Current Concepts in the Treatment. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(6):854–66.
4. Korakakis V, Whiteley R, Epameinontidis K. Blood Flow Restriction induces hypoalgesia in recreationally active adult male anterior knee pain patients allowing therapeutic exercise loading. *Phys Ther Sport [Internet].* 2018;32:235–43. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.05.021>
5. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood flow restriction exercise position stand: Considerations of methodology, application, and safety. *Front Physiol.* 2019;10(MAY):1–15.
6. Andarawis-puri N, Flatow EL, Soslowsky LJ, Gustave O, Place LL, Sun HB, et al. Tendon Basic Science. *J Orthop Res.* 2015;33(6):780–4.
7. Wu F, Nerlich M, Docheva D. Tendon injuries: Basic science and new repair proposals. *EFORT Open Rev.* 2017;2(7):332–42.
8. Chavaunne TT, Hazel R. Tendon Structure and Composition. Springer [Internet]. 2016;920:11–25. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-33943-6>
9. Cook JL, Rio E, Purdam CR, Girdwood M, Ortega-Cebrian S, Docking SI. El continuum de la patología de tendón: concepto actual e implicaciones clínicas. Vol. 52, *Apunts Medicina de l'Esport.* 2017. p. 61–9.
10. Cook JL, Rio E, Purdam CR, Docking SI. Revisiting the continuum model of tendon pathology: What is its merit in clinical practice and research? *Br J Sports Med.* 2016;50(19):1187–91.
11. Hutchison MK, Houck J, Cuddeford T, Dorociak R, Brumitt J. Prevalence of patellar tendinopathy and patellar tendon abnormality in male collegiate basketball players: A cross-sectional study. *J Athl Train.* 2019;54(9):953–8.
12. Menta R, D'Angelo K. Challenges surrounding return-to-play (RTP) for the sports clinician: A case highlighting the need for a thorough three-step RTP model. *J Can Chiropr Assoc.* 2016;60(4):311–21.
13. Häggglund M, Zwerver J, Ekstrand J. Epidemiology of patellar tendinopathy in elite male soccer players. *Am J Sports Med.* 2011;39(9):1906–11.
14. Yow BG, Tennent DJ, Dowd TC, Loenneke JP, Owens JG. Blood Flow Restriction Training After Achilles Tendon Rupture. *J Foot Ankle Surg [Internet].* 2018;57(3):635–8. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.11.008>
15. San C, Kalmanovitz F. Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical 1. 2019; Available from: www.physiology.org/journal/jappl
16. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *J Sci Med Sport [Internet].*

2016;19(5):360–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.014>

17. Brandner CR, May AK, Clarkson MJ, Warmington SA. Reported side-effects and safety considerations for the use of blood flow restriction during exercise in practice and research. *Tech Orthop*. 2018;33(2):114–21.
18. Bond CW, Hackney KJ, Brown SL, Noonan BC. Blood flow restriction resistance exercise as a rehabilitation modality following orthopaedic surgery: A review of venous thromboembolism risk. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2019;49(1):17–27.
19. Giles L, Webster KE, McClelland J, Cook JL. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: A double-blind randomised trial. *Br J Sports Med*. 2017;51(23):1688–94.
20. Grønfældt BM, Lindberg Nielsen J, Mieritz RM, Lund H, Aagaard P. Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sport*. 2020;30(5):837–48.
21. Buschmann J, Meier Bürgisser G. Mechanobiology of tendons and ligaments. *Biomech Tendons Ligaments*. 2017;6:63–80.
22. Khan KM, Scott A. Mechanotherapy: How physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *Br J Sports Med*. 2009;43(4):247–52.
23. Hughes L, Patterson SD. The effect of blood flow restriction exercise on exercise-induced hypoalgesia and endogenous opioid and endocannabinoid mechanisms of pain modulation. 2020;1–34.
24. Benjamin M, Kaiser E, Milz S. Structure-function relationships in tendons: A review. *J Anat*. 2008;212(3):211–28.
25. Kirkendall DT, Garrett WE. Function and biomechanics of tendons. *Scand J Med Sci Sport*. 1997;7(2):62–6.
26. Buford TW, Fillingim RB, Manini TM, Al E. Kaatsu training to enhance physical function of older adults with knee osteoarthritis : Design of a randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials*. 2016;43:217–22.
27. Mascaró A, Cos MÀ, Morral A, Roig A, Purdam C, Cook J. Gestión de la carga en las tendinopatías: progresión clínica para tendinopatías de Aquiles y rotuliana. *Apunt Med l'Esport*. 2018;53(197):19–27.
28. Pardo C, Muñoz T, Chamorro Jambrina C. Monitorización del dolor. Recomendaciones del grupo de trabajo de analgesia y sedación de la SEMICYUC. *Med Intensiva*. 2008;32(SUPPL. 1):38–44.
29. Visentini PJ, Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Harcourt PR, Wark JD. The VISA score: An Index of Severity of Symptoms In Patients with Jumper's Knee (Patellar Tendinosis). *J Sci Med Sport*. 1998;22–8.
30. Hernandez-Sanchez S, Hidalgo MD, Gomez A. Responsiveness of the VISA-P scale for patellar tendinopathy in athletes. *Br J Sports Med*. 2014;48(6):453–7.
31. Pruna R, Medina D, Rodas G, Artells R. Tendinopatía rotuliana. Modelo de actuación terapéutica en el deporte. *Med Clin (Barc)*. 2013;141(3):119–24.
32. Romero-Morales C, Martín-Llantino PJ, Calvo-Lobo C, Beltran-Alacreu H, López-López D, Sánchez-Gómez R, et al. Effectiveness of eccentric exercise and a vibration or cryotherapy program in enhancing rectus abdominis muscle thickness and inter-rectus distance in patients with chronic mid-portion achilles

- tendinopathy: A randomized clinical trial. *Int J Med Sci*. 2018;15(14):1764–70.
33. Thompson SW, Rogerson D, Dorrell HF, Ruddock A, Barnes A. The Reliability and Validity of Current Technologies for Measuring Barbell Velocity in the Free-Weight Back Squat and Power Clean. *Sports*. 2020;8(7):94.
 34. Balsalobre-Fernández C, Marchante D, Muñoz-López M, Jiménez SL. Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *J Sports Sci [Internet]*. 2018;36(1):64–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2017.1280610>
 35. Swenton PA, Lloyd R, Keogh JWL, Agouris I, Stewart AD. A Biomechanical Comparison of the Traditional Squat, Powerlifting Squat, and Box Squat. *J Strength Cond Res*. 2012;26(7):1805–16.
 36. De Salles BF, Simão R, Miranda F, Da Silva Novaes J, Lemos A, Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. *Sport Med*. 2009;39(9):766–77.
 37. Lorenzetti S, Ostermann M, Zeidler F, Zimmer P, Jentsch L, List R, et al. How to squat? Effects of various stance widths, foot placement angles and level of experience on knee, hip and trunk motion and loading. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2018;10(1):1–11.
 38. Schütz P, List R, Zemp R, Schellenberg F, Taylor WR, Lorenzetti S. Joint angles of the ankle, knee, and hip and loading conditions during split squats. *J Appl Biomech*. 2014;30(3):373–80.
 39. Richards J, Thewlis D, Selfe J, Cunningham A, Hayes C. A biomechanical investigation of a single-limb squat: Implications for lower extremity rehabilitation exercise. *J Athl Train*. 2008;43(5):477–82.
 40. Zwerver J, Bredeweg SW, Hof AL. Biomechanical analysis of the single-leg decline squat. *Br J Sports Med*. 2007;41(4):264–8.
 41. Chan A, Tetzlaff JM, Altman DG, Laupacis A, Gøtzsche PC, Krleža-jeric K, et al. Declaración SPIRIT 2013 : definición de los elementos estándares del protocolo de un ensayo clínico *. *Rev Panam Salud Publica [Internet]*. 2015;38(6):506–14. Available from: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/18567>

15. Anexos

Consentimiento informado

Sr/Sra..... de DNI.....

Ha sido informado/a de todo el proceso de investigación que se va a llevar a cabo, tanto de valoración, tratamiento y análisis estadístico. Consintiendo con la firma en el apartado de abajo, se entiende que se ha explicado y entendido el proceso al que se va a someter, entre ello también se entiende que tiene el derecho de abandonar el estudio en cualquier momento y se consiente el ser tratado por el fisioterapeuta colegiado responsable.

Se declara que se han facilitado los datos sobre el estado de salud y de patologías que puedan afectar a la investigación.

....., de de

Firma

Escala EVA

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sin dolor	Dolor leve			Dolor moderado			Dolor intenso, resultado de una función modificada			Dolor máximo
Intensidad segura de entrenamiento				Intensidad excesiva de entrenamiento						

Ilustración 6. Integración de la puntuación del dolor determinada según la EVA en la intensidad del protocolo de ejercicios realizado (27).

Cuestionario VISA-P

1.- ¿Durante cuántos minutos puede estar sentado sin dolor?

0-15 min	15-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	>120 min
0	2	4	6	8	10

PUNTOS

2.- ¿Le duele al bajar escaleras con paso normal?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

3.- ¿Le duele la rodilla al extenderla completamente sin apoyar el pie en el suelo?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

4.- ¿Tiene dolor en la rodilla al realizar un gesto de "zancada" →
(Flexión de rodilla tras un movimiento amplio hacia delante con carga completa del peso corporal sobre la pierna adelantada)



Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

5.- ¿Tiene problemas para ponerse en cuclillas?

Sin problemas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

6.- ¿Le duele al hacer 10 saltos seguidos sobre la pierna afectada o inmediatamente después de hacerlos?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso/ Incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

7.- ¿Practica algún deporte o actividad física en la actualidad?

PUNTOS

- 0 ☐ No, en absoluto
- 4 ☐ Entrenamiento modificado y/o competición modificada
- 7 ☐ Entrenamiento completo y/o competición, pero a menor nivel que cuando empezaron los síntomas
- 10 ☐ Competición al mismo nivel o mayor que cuando empezaron los síntomas

8.- Por favor, conteste A, B o C en esta pregunta según el estado actual de su lesión:

- Si no tiene dolor al realizar deporte, por favor, conteste sólo a la pregunta 8A
- Si tiene dolor mientras realiza el deporte pero éste no le impide completar la actividad, por favor, conteste únicamente la pregunta 8B
- Si tiene dolor en la rodilla y éste le impide realizar deporte, por favor, conteste solamente la pregunta 8C

8A.- Si no tiene dolor mientras realiza deporte, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o practicando?

PUNTOS

0-20 minutos	20-40 minutos	40-60 minutos	60-90 minutos	> 90 minutos
6	12	18	24	30

8B.- Si tiene cierto dolor mientras realiza deporte pero éste no obliga a interrumpir el entrenamiento o la actividad física, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o haciendo deporte?

PUNTOS

0-15 minutos	15-30 minutos	30-45 minutos	45-60 minutos	> 60 minutos
0	5	10	15	20

8C.- Si tiene dolor que le obliga a detener el entrenamiento o práctica deportiva, ¿cuánto tiempo puede aguantar haciendo el deporte o la actividad física?

PUNTOS

Nada	0-10 minutos	10-20 minutos	20-30 minutos	> 30 minutos
0	2	5	7	10

PUNTUACIÓN TOTAL: /100

Nombre: Fecha:

Ilustración 7. Cuestionario VISA-P validado al castellano utilizado para calcular la funcionalidad y el dolor durante el tiempo que dura el estudio (31).